

# Evaluación de niveles de contaminación bacteriana en aguas recreacionales. Factores intervinientes

Acuña del Pino, Nidia B. (\*\*); Abramovich, Beatriz (\*); Meyer, Roberto (\*\*);  
Haye, Miguel Angel(\*); Gilli, María Inés (\*).

(\*) Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (U.N.L.)

(\*\*) Facultad de Formación Docente en Ciencias (U.N.L.)

Santa Fe- Argentina- C.C. 530.

Abramovich, Beatriz: Dirección postal: Corrientes 2682 (3000) Santa Fe, Argentina. Tel. Fax: 042-592830.

**RESUMEN:** Los balnearios tienen una reconocida importancia social y económica. Pero es necesario que reúnan determinadas condiciones de calidad, a fin de que no constituyan un peligro para la salud.

El objetivo del presente trabajo fue determinar los niveles de contaminación bacteriana en aguas recreacionales de nuestra zona, bajo distintas condiciones hidrológicas y estacionales. Se analizaron 205 muestras durante 11 meses. Los resultados mostraron en algunos de los balnearios estudiados, concentraciones de coliformes termotolerantes superiores a los niveles recomendados por las normas de calidad para esos usos. Los estudios de los datos así como la verificación *in situ*, demuestran la influencia de factores de contaminación externa (volcamiento de efluentes pluviales-cloacales). En uno de los balnearios considerado protegido de focos de contaminación, los valores hallados estuvieron muy por debajo de los recomendados por las normas.

**SUMMARY:** Recreational waters have a well-known social and economical importance. It is necessary that they have certain quality conditions so that they do not become dangerous to people's health.

The objective of the present work was to determine the bacteria contamination levels in recreational waters under different hydrologic and seasonal conditions. Samples (205) were analysed during a period of 11 months. The results showed that some of the studied recreational waters had a concentration of thermotolerant coliforms higher than that accepted for international guidelines.

The studies of the data as well as the verification *in situ*, showed the influence of external contaminating factors: rain or sewage effluents flowing into recreational waters. In one of the resorts considered as well protected from contaminating factors, the levels found were quite below the ones recommended by the standards.

## Introducción

La calidad de un cuerpo de agua debe evaluarse teniendo en cuenta los usos para los cuales está destinada. (1). Para fines recreativos requieren cumplimentar determinadas normas que en nuestro país no están estrictamente definidas, adoptándose criterios internacionales, reglamentados en base a una relación cuantificable entre la densidad de un indicador de calidad del agua y el potencial riesgo para la salud humana que supone ese uso (2).

En países donde las enfermedades diarreicas provocadas por bacterias, parásitos y virus, constituyen patologías de carácter endémico, la proporción de portadores es muy elevada. Esta razón, sumada a la falta de tratamiento de sus aguas residuales, constituye un riesgo mayor de los brotes de origen hídrico (3).

La mayoría de los investigadores han acordado que la calidad bacteriológica del agua para bañarse no necesita ser tan alta como para beberla, pero que la primera debería ser mantenida razonablemente libre de bacterias de conocido origen patógeno en aguas residuales (4).

Según lo destacado en el Simposio Regional

sobre calidad de agua (5) en los sistemas de agua de tipo recreativo, los brotes se reconocen y notifican con poca frecuencia, sobre todo en los países en desarrollo.

Son numerosos los gérmenes patógenos que pueden transmitirse al hombre a través de aguas dulces y saladas susceptibles de contaminación por líquidos residuales.

Un primer caso de brote de *Cryptosporidium* donde estuvieron implicadas aguas superficiales recreacionales fue en New Mexico (E.U.) (6). En años posteriores otros autores documentaron la presencia de este parásito en cuerpos de agua utilizadas para tales fines (7).

Las actividades recreativas pueden además incrementar la incidencia de giardiasis (8).

Casos de infecciones transmitidas por bacterias, también fueron reportadas. En estos casos los microorganismos hallados con más frecuencia fueron: *Shigella* y *Escherichia coli*. Un brote por *Escherichia coli* O157:H7 ocurrió en conjunción con brotes de *Shigella*. Estas dos bacterias debido a su baja dosis infecciosa pueden ser adquiridas sin ingerir grandes cantidades de agua. Además, pueden sobrevivir bajo ciertas condiciones por largos

períodos: un estudio ha demostrado que después de 5 semanas a 5°C, sólo se produjo una reducción de 2 log en la concentración hallada. (9).

Las ciudades de Santa Fe y Santo Tomé (Pcia. de Santa Fe) tienen balnearios urbanos, que representan un escenario de óptimas ventajas para una de las necesidades sociales básicas como es el derecho a la recreación. Los balnearios públicos urbanos son además la alternativa para la población de menores recursos económicos.

Teniendo en cuenta los resultados de los muestreos obtenidos en la última década (Informes de Organismos de Control Ambiental Oficial: Subsecretaría de Medio Ambiente de la Pcia. de Santa Fe), la severa alteración provocada en la calidad del agua, la cantidad de bacterias detectadas (coliformes totales y termotolerantes) que exceden el límite recomendado por la O.M.S. para aguas recreativas, son hechos que atentan directamente contra la salud y la calidad de vida de los pobladores de la zona.

Aunque, como se señala, se disponen de datos acerca de la calidad bacteriológica de estas aguas, los mismos son parciales y coyunturales, correspondiendo a los meses estivales de mayor uso recreativo. El estudio a través de un lapso de tiempo que cubra variaciones estacionales e hidrológicas, permiten un diagnóstico más adecuado de sus causas y, por lo tanto, aporta datos a fin de tomar las medidas correctivas necesarias.

### Objetivo

—Determinar los niveles de contaminación bacteriana en aguas recreacionales de nuestra zona, bajo distintas condiciones estacionales e hidrológicas.

### Materiales y Métodos

Se seleccionaron cinco balnearios de las ciudades de Santa Fe y Santo Tomé :

Balneario A: Parque Brigadier Estanislao López, situado en la margen derecha del río Salado de la ciudad de Santo Tomé.

Balneario B: Parque General Manuel Belgrano (Ciudad de Santa Fe) Se destaca que se realiza cloración por parte de las autoridades municipales.

Balneario C: Espigón 1

Balneario D: Espigón 2

El Espigón 1 y 2 están situados en la margen derecha de la Laguna Setúbal (ciudad de Santa Fe),

Balneario E: Piedras Blancas, ubicado en la margen izquierda de la Laguna Setúbal.

La toma, conservación y análisis de las muestras fueron realizadas de acuerdo a las técnicas normalizadas del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (10).

Los puntos de muestreo en cada caso, se fijaron en los lugares situados a una profundidad uniforme de alrededor de 1 m, realizándose la toma a 0,3 m por debajo de la superficie del agua. Se tomaban dos muestras por balneario en cada muestreo.

La frecuencia fue realizada de acuerdo a las estaciones del año: cinco muestras mensuales en el período estival de mayor uso recreativo durante las horas de máxima afluencia de bañistas; y tres muestras mensuales en el período fuera de la temporada oficial de baños.

Se abarcaron 11 meses del año (desde noviembre de 1996 hasta setiembre de 1997) analizándose 205 muestras de agua.

### Análisis fisicoquímicos del agua

Análisis en campo :

Temperatura : con termómetro Celsius de mercurio

pH : con cintas indicadoras, corroborándose luego en laboratorio mediante el empleo de pHmetro ( método potenciométrico).

Cloro libre y total: con reactivo DPD (N,N-dietil-p-fenilendiamina).

Análisis en laboratorio:

Turbiedad : Mediante el uso de turbidímetro nefelométrico AV 311

### Análisis bacteriológico del agua

Los criterios de calidad para agua de recreación, están basados en la concentración de coliformes totales y sobre todo de coliformes termotolerantes. Si bien, indicadores tales como *Escherichia coli* puede reflejar más adecuadamente la contaminación fecal del agua, los organismos internacionales no recomiendan un cambio de los criterios bacteriológicos para aguas recreacionales, hasta que pueda ser acumulada suficiente información epidemiológica sustentada en experiencias con los nuevos indicadores (11).

Basado en estos conceptos, hemos incluido en este estudio la determinación de la concentración de: coliformes totales y coliformes termotolerantes; usando las técnicas de fermentación en tubos múl-

tiples, expresándose los resultados en Número Más Probable/100 ml (NMP/100 ml). Se utilizaron caldo lauril triptosa y confirmación con caldo lactosa bilis verde brillante, para coliformes totales; y caldo E.C. para coliformes termotolerantes.

### **Análisis Estadístico**

Si bien existen criterios dispares con respecto a la concentración límite de bacterias coliformes, hemos adoptado para evaluar nuestros resultados, el establecido por la O.P.S. en la Reunión Regional sobre Calidad de Agua (12), que establece para aguas de recreación con contacto un valor límite de coliformes termotolerantes de 1000 (NMP/100 ml), media geométrica de los muestreos realizados durante 30 días.

Dicha restricción, al mejorar sensiblemente las condiciones bacteriológicas existentes, alejaría en forma contundente el riesgo epidemiológico (13,14).

Mientras otros autores coinciden con este criterio, EPA ( Environmental Protection Agency), recomienda normas más restrictivas (máximo de 200 NMP/100 ml, de coliformes termotolerantes) (15).

La descripción y exploración de las mediciones obtenidas incluyen una reducción detallada de cada lote de datos en determinadas funciones muestrales, las que permiten realizar, entre otras, un análisis de "normalidad" (Test de Shapiro-Wilks).

Luego se realizó el estudio de la incidencia de otras variables (temperatura del agua, turbiedad, y pH) en la presencia de coliformes termotolerantes en aguas recreacionales mediante la aplicación de Análisis de Regresión y Correlación Múltiple en un modelo lineal sin intersección, bajo la hipótesis de normalidad de los errores (método de mínimos cuadrados ordinarios). Se estimaron mediante este modelo las variaciones de NMP por unidad de medida de cada una de las variables explicativas. El cálculo de los coeficientes de correlación lineal, simple y múltiple, permite analizar el grado de relación estadística entre dichas variables.

Todo el procesamiento de los datos se realizó con asistencia del Software BMDP (Biomedical Statistics Software Programs) New System for Windows 1.1.

### **Resultados y Discusión**

Se compararon los resultados de las mediciones por balneario (Tablas Nº 1 y 2). El agua de los

Balnearios Espigón 1 y Espigón 2, tuvieron un período de contaminación entre los meses de enero a mayo, y luego en setiembre, es decir abarcando la temporada en la que se habilitan como balnearios.

El balneario de Santo Tomé, mostró contaminación además en tres meses no coincidentes con la temporada de balneario. Como se esperaba, el Parque Belgrano no ha presentado contaminación durante la temporada estival ( noviembre 1996-marzo 1997). La causa que justifica estos resultados, parte sin duda del hecho que se practica cloración (cloro residual libre : 0,1 mg/l y cloro residual total: 0,3 mg/l), razón por la cual al ajustarse lo observado con la hipótesis prevista, se dejó de muestrear en él.

La media anual para el período de observación demuestra contaminación en Espigón 1 y 2, y Balneario Estanislao López, según los datos de la última columna de la Tabla Nº 1. Sobre estos totales se destaca como el de mayor nivel de contaminación por coliformes termotolerantes, al balneario Espigón 1 de la ciudad de Santa Fe.

Resulta interesante el comportamiento de la variable NMP de coliformes termotolerantes, que demuestra con la eliminación de mediciones alejadas, fuertes indicios de normalidad (Tabla Nº 2), según el test de normalidad empleado y el nivel de significatividad asociado (p) en cada caso. Esto permitió aplicar los modelos de regresión que se mencionaron. La incidencia y significancia estadística de las otras variables, como temperatura del agua, turbiedad y pH, en la concentración de coliformes termotolerantes se muestra en la Tabla Nº 3.

El procedimiento de estimación resultó significativo al por lo menos 95 % de confianza, para los balnearios de Santo Tomé, Espigón 1 y 2; en los tres casos se terminó incluyendo en el modelo (procedimiento " stepwise") a las variables explicativas turbiedad y temperatura, y descartando como tal al pH.

El coeficiente de correlación múltiple indica que la variabilidad explicada en NMP por estas dos variables está entre 55 % al 77 % (última columna Tabla Nº 3).

En el caso del Parque Belgrano, la única variable explicativa que entró en el modelo ha sido la temperatura.

En general los resultados indican que es la turbiedad, ante la presencia de otros factores ambientales, la que mayor covariancia presenta con los niveles encontrados de contaminación, y que la temperatura aparece también como relacionada. La posible interpretación que se le puede dar a estos

resultados sería considerar que si bien temperatura y turbiedad no son variables predictoras de la concentración de coliformes termotolerantes, sí indican persistencia y presencia de la contaminación respectivamente, cuando ésta existe. En todos los casos los resultados sobre correlación corroboran lo afirmado.

Otras variables han resultado de interés para el estudio de la variabilidad conjunta con el NMP, sin embargo, el desarrollo del análisis estadístico no se incluyó debido a que presentaron multicolinealidad con las mencionadas en el párrafo anterior, a saber: temperatura ambiente- temperatura del agua, altura del río- turbiedad.

Como ejemplo de balneario considerado protegido de contaminación, estando en el mismo espejo de agua que los Espigones, pero en la margen opuesta (donde no se detectaron volcamientos de conductos pluviales) citamos a "Piedras Blancas". En los once meses de muestreo el NMP/100 ml fluctuó entre 7 y 27 de coliformes termotolerantes. Como se observa, tales valores se hallan por debajo de los límites impuestos por los criterios de calidad de aguas.

## Conclusiones

De lo anteriormente expuesto se concluye:

Los Balnearios que presentaron mayor nivel de contaminación son el Espigón 1 y 2

El hecho que durante los meses de Abril, Mayo y Junio el Balneario Estanislao López haya alcanzado los más elevados porcentajes de muestras con índices de contaminación, nos lleva a la conclusión que esto se debe a factores externos como los volcamientos cloacales, detectados en sus cercanías durante nuestra investigación y que podrían repetirse en meses durante los cuales la población está más expuesta.

El Parque General Manuel Belgrano no mostró contaminación bacteriana durante el muestreo, debido seguramente al tratamiento de cloración mencionado, que reduce los niveles de indicadores bacterianos. Se debe destacar que dicho procedimiento no basta para eliminar organismos patógenos resistentes a la cloración como virus y parásitos.

Los resultados de los estudios de correlación estadística, muestran la influencia sobre todo de los mencionados factores de contaminación externa (volcamiento de conductos pluvio-cloacales) hecho corroborado por la investigación *in-situ* y mencionados por otros autores (16).

Es posible mantener una calidad bacteriológi-

ca aceptable, en las aguas de recreación, evitando la contaminación por los conductos mencionados, hipótesis a la que se adhiere por los bajos niveles de concentración bacteriana hallados en un balneario protegido, como es Piedras Blancas.

## Referencias Bibliográficas

- 1- Hammerly, J., 1984 Los modelos de la calidad de agua. Agua. Tecnología y Tratamiento. Saneamiento Ambiental. Año IX, 38: 41-52.
- 2- Cabelli, V. J., 1983 Health Effects Criteria for Marine Recreational Waters. EPA-600/1-80-031.U.S. Environ. Prot. Ag., (Carolina del Norte).
- 3- Calderon, R.L.; Mood, E.W.; Dufour, A.P., 1991. Health Effects of Swimmers and Nonpoint Sources of Contaminated Water, Intl. J. Environ. Health Res. 1:21.
- 4- Hoton, Robert K., 1965 "An index-number system for rating water quality". J. WPCP. XXXVII, 3:301.
- 5- O.P.S., 1994. Simposio Regional sobre calidad de agua- Buenos Aires. Octubre 1994.
- 6- Rose, J. B., 1988. Occurrence and Significance of *Cryptosporidium* in Water. J. AWWA 80,2:53-59.
- 7- Gallager M. M. 1989 *Cryptosporidiosis* and surface water. Amer. J. Public. Health, 79, 39-42.
- 8- Roach, P.D.; Olson, M.E.; Whithy, G.; Wallis, P. M., 1993. Waterborne *Giardia* Cysts and *Cryptosporidium* in the Yukon, Canada. Appl. and Environ. Microbiol. 59,1:67-73.
- 9- Geldreich, E. E. 1992 Searching for a Water Supply Connection in the Cabool, Missouri, Disease Outbreak of *Escherichia coli* O157:H7. Water Res., 26:1127.
- 10- APHA, AWWA, WPCF, 1992. Standard Methods For the Examination of Water and Wasterwater 18 th. Ed. (Washington) 9-1:9-95.
- 11- Stevenson, A.H., 1953. Studies of Bathing Water Quality and Health. Am. J. Public. Hth. Assoc. 43:529.
- 12- O.P.S. CEPIS 1996. Reunión Regional sobre calidad de agua. Control de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Lima, Perú. Mayo 1996.
- 13- Crosignani, L., 1995. Criterios de calidad de aguas de balnearios. Montevideo (Uruguay). Primeras Jornadas Científicas sobre el Medio Ambiente. Asociación de Universidades. Grupo Montevideo. Comité Académico de Medio Ambiente III:39.
- 14- Geldreich, E.E., 1972. Buffalo Lake recreational water quality: a study of bacteriological data interpretation. Water Res. 6:913-924.
- 15- EPA, 1986. Ambient Water Quality Criteria for Bacteria. Office of Water Regulations. Washington, DC 20460:1-16.
- 16- Emiliani, F. González de Paira, S., 1994. Fuentes puntuales y dispersas de coliformes fecales en dos balnearios urbanos (Santo Tomé- Prov. de Santa Fe) IX Congreso y XIV Jornadas interdisciplinarias de toxicología: Contaminación de Recursos Naturales y Alimentos: 41-45

**Tabla 1.** Análisis de contaminación: Media geométrica de NMP/100 ml, de coliformes termotolerantes y proporción de muestras (%) con un recuento de 1000 o más.

LUGAR de Muestreo	noviembre 96	diciembre 96	enero 96	febrero 97	marzo 97	abril 97	mayo 97	junio 97	julio 97	agosto 97	setiembre 97	Media anual
Baleario	a) 452	2265	1180	1357	671	4407	9157	3932	145	295	590	2097
"E. López"-	b) 0	37.5	58.3	37.5	16.67	75	75	75	0	0	0	39.7
Sto. Torné	c) (4)	(8)	(12)	(8)	(6)	(4)	(4)	(4)	(2)	(4)	(2)	(58)
Espigón 1 - Costanera - Sta. Fe	750	200	3036	17148	1532	7250	14310	897	330	175	3050	5103
	0	0	80	62.5	50	100	50	25	0	0	100	44.44
	(4)	(8)	(10)	(8)	(4)	(4)	(4)	(4)	(2)	(4)	(2)	(54)
Espigón 2 - Costanera - Sta. Fe	212	463	3747	11683	5115	9400	5630	380	930	105	4450	3903
	0	12.5	80	100	50	100	50	0	0	0	100	48.0
	(4)	(8)	(10)	(6)	(2)	(4)	(2)	(4)	(2)	(4)	(2)	(48)
Parque "M. Belgrano"- Sta. Fe	150	138	297	189	666	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	257
	0	0	8.3	0	33.3							6.5
	(4)	(8)	(12)	(4)	(3)							(31)

a) Media Geométrica de NMP/100 ml

b) porcentaje de muestras con un recuento (NMP / 100 ml) de coliformes termotolerantes de 1000 o mas

c) Número de muestras

**Tabla 2.** Análisis exploratorio y robustez (tamaños muestrales completos)

1 Lugar de muestreo	2 Tamaño muestral	3 Media geométrica NMP /100 ml	4 Coef. de variación NMP /100 ml	5 Rango NMP/ 100 ml	6 Temperatura mediana (° C)	7 Turbiedad Mediana (UNT)	8 Rango turbiedad (UNT)	9 pH mediano	10 Estimado test de normalidad (SHAPIRO- WILKS)	11 Nivel de significación (P)
Bañoerio "Estanislao López Santo Tomé	58	2097	1.86	23910	26	44.5	53	7	0.5353	$5.4 \times 10^{-22}$
Espigón 1 Costanera Santa Fe	54	5103	3.15	109960	26	45	45	7	0.3307	$1.6 \times 10^{-26}$
Espigón 2 Costanera Santa Fe	48	3903	1.83	45960	24	45	38	7	0.534	$5.2 \times 10^{-18}$
Parque «Manuel Belgrano»	31	258	2.07	4297	28	19.5	31	8	0.434	$4.4 \times 10^{-11}$

Tabla 3. Estimación relación "NMP vs. Turbiedad, Temperatura agua y pH" – Modelo Lineal (procedimiento setpwise)

1 Lugar de muestreo	2 Tamaño muestral	3 Estimado del coeficiente elasticidad Turbiedad y valor p	4 Estimado del coeficiente elasticidad Temp. agua y valor p	5 Estimado del coeficiente elasticidad pH y valor p	6 Estimado del estadístico F Análisis Variancia Regresión y valor p	7 Estimado del coeficiente correlación parcial Temp. Vs. NMP	8 Estimado del coeficiente correlación parcial turbiedad vs. NMP	9 Estimado del coeficiente correlación parcial pH vs. NMP	10 Estimado del coeficiente correlación múltiple
Bañerío "Estanislao López Santo Tomé	48	118.1 (0.0005)	-122.75 (0.048)	40.95 (0.93)	13.98 (0.00002)	-0.29	0.48	0.01	0.615
Espigón 1 Costanera Santa Fe	39	38.81 (0.0585)	84.2 (0.02)	-329.1 (0.086)	16.95 (.000005)	0.38	0.31	-0.28	0.77
Espigón 2 Costanera Santa Fe	43	150.04 (0.018)	171.7 (0.058)	-1082.2 (0.054)	15.03 (.000011)	0.295	0.36	-0.3	0.73
Parque «Manuel Belgrano»	12	6.26 (0.20)	3.73 (0.05)	-30.91 (0.35)	4.83 (0.0503)	0.55	0.4	-0.3	0.55